

University of Groningen

## Investigation of radiative proton capture by $^{31}\text{P}$ with 500 kV van de Graaff generator

Veld, Lammert Kornelis ter

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

1963

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Veld, L. K. T. (1963). *Investigation of radiative proton capture by  $^{31}\text{P}$  with 500 kV van de Graaff generator*. s.n.

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

## SUMMARY

This thesis begins with a description of the equipment used for the investigation of the  $(p,\gamma)$  reaction on phosphorus. In chapter I a vertical open air Van de Graaff generator is described. Two 29 cm wide belts running at a speed of 24 m/s charge the generator terminal with a current of maximum  $620\mu\text{A}$ . The maximum high voltage is limited by the horizontal acceleration tube, described in chapter II, and varies between 450 and 550 kV, depending on atmospheric conditions. For the ion beam focusing no use is made of an electrostatic lens system between the R.F. ion source and the acceleration tube. Instead focusing is obtained by adjusting the voltage gradient along the acceleration tube. The gradient over the first three sections of the tube is much smaller than over the remaining eighteen sections. The ratio between the two gradients can be varied, the transition between the two parts of the resistance chain along the tube being connected with an additional resistor chain to an adjustable voltage in the high voltage terminal. Excellent focusing is possible in this way at all generator potentials, 50% of the focused beam falling within an area of  $1\text{ mm}^2$ . Calculated and experimental focusing conditions are compared and a good qualitative agreement is found.

Measurement and control of the high voltage are dealt with in chapter III. The high voltage is stabilized to 1 or 2 kV by varying the intensity of an electron beam inside the acceleration tube and directed opposite to the ion beam; the intensity of this electron beam is controlled by an error signal derived from the difference in ion beam current to the exit slit jaws of the magnetic analyser. With this analyser protons or deuterons can be deflected over  $90^\circ$  with a radius of 15 cm. The magnetic field in the analyser is held constant within 1‰. Measurement of the magnetic field is performed with the aid of a small coil between the polepieces, that vibrates when an alternating current is passed through it. The impedance of the coil as a function of the frequency of this current has then a field-dependent minimum.

During calibration measurements with the magnetic analyser the natural widths of the 355 and 439 keV resonance levels in the reaction  $^{31}\text{P}(p,\gamma)^{32}\text{S}$  were found to be much smaller than 1 keV.

Chapter IV is devoted to a short description of the gamma-ray spectrometer and the experimental techniques used for the investigations on  $(p,\gamma)$  resonances. No new resonances in the reaction could be found below 500 keV.

The decay schemes of the 9.20 and 9.29 MeV resonance levels in  $^{32}\text{S}$  could be established by measuring gamma-ray spectra with a  $10.2 \times 10.2$  cm NaI(Tl) crystal, as described in chapter V. It was necessary to perform also coincidence and sum-coincidence measurements, for which two of such crystals were employed.

Both resonance levels appear to have strong transitions to the ground state and to the first excited state at 2.24 MeV. In addition several transitions occur to levels between 3.78 and 8.50 MeV. In the decay of the 9.20 MeV level the latter generally differ from those involved in the decay of the 9.29 MeV level; apart from the ground state and the first excited state only the levels at 4.29 and 7.43 MeV occur in both decay schemes. These two levels decay to the ground state, although a weak transition to the first excited state cannot be excluded.

In the decay of the 9.20 MeV resonance level one weak transition has been found to the 3.78 MeV level with a spin  $0^+$ . The level at 4.47 MeV decays only to the 2.24 MeV level; the assignment of a spin 1 to this level by Nelson et al. appears to be based on a false interpretation of their measurements.

With the aid of a  $(p, \gamma, \gamma)$  angular correlation measurement, described in chapter VI, it was found that the 4.70 MeV level very probably has a positive parity; its spin is 1 or 2. This level decays both to the ground state and to the first excited state. The resonance level at 9.29 MeV decays for 17% to the 7.11 MeV level; the latter does not decay to the ground state. This was also measured by Chagnon and Treado, and is in disagreement with the result of the measurements of Andersen. A component of 2.83 MeV in the gamma-ray spectrum of the 439 keV resonance corresponds with a transition between the 7.53 and 4.70 MeV levels, but was erroneously ascribed by Chagnon and Treado to the transition  $7.11 \rightarrow 4.29$  MeV.

The spin of both resonance levels could be determined by measuring the slightly anisotropic angular distribution of the direct ground-state transitions, and appeared to be 1. The parity of the resonance levels is probably positive, but a definite parity assignment was not possible. For the 9.20 and 9.29 MeV levels the value of  $\Gamma_p \Gamma_\gamma / \Gamma$  was found to be 6 and 54 meV respectively.

## SAMENVATTING

Dit proefschrift begint met een beschrijving van de apparatuur, gebruikt voor het onderzoek van de  $(p, \gamma)$  reactie op fosfor. In het eerste hoofdstuk wordt een verticale Van de Graaff generator beschreven, vrij opgesteld in een groot laboratoriumvertrek. Twee banden van 29 cm breed kunnen met een snelheid van 24 m/s een laadstroom van maximaal 620  $\mu\text{A}$  leveren. De maximale hoogspanning wordt begrensd door de horizontale versnellingsbuis, beschreven in hoofdstuk II, en ligt tussen 450 en 550 kV, afhankelijk van de atmosferische gesteldheid. Voor het focuseren van de ionenbundel wordt, in afwijking van wat gebruikelijk is, geen electrostatisch lenzensysteem gebruikt tussen hoogfrequent-ionenbron en versnellingsbuis. In plaats daarvan wordt focussing bereikt door een geschikte keuze van de spanningsverdeling langs de versnellingsbuis. Over de eerste drie secties van de versnellingsbuis is de gradient veel kleiner dan over de resterende achttien. De verhouding van de gradienten over deze twee gedeelten van de versnellingsbuis is te regelen doordat de weerstandsketen langs de versnellingsbuis ter plaatse van de overgang tussen de twee gedeelten via een extra weerstandsketen is verbonden aan een instelbare spanningsbron in de topelectrode. Met deze methode is een uitstekende focussing te bereiken bij alle generatorspanningen; 50% van de bundel valt in het brandvlak binnen een oppervlak van 1  $\text{mm}^2$ . De berekende en experimenteel gevonden focuseringsvoorwaarden stemmen kwalitatief goed overeen.

Stabilisatie en meting van de hoogspanning worden in hoofdstuk III behandeld. De hoogspanning wordt op 1 à 2 kV gestabiliseerd door de sterkte van een elektronenbundel, die in de versnellingsbuis naar de topelectrode wordt geschoten, te variëren; de intensiteit van deze bundel wordt geregeld door het verschil in ionenstroom op de uittreespleetbekken van de afbuigmagneet. Met deze magneet kunnen protonen en deutronen over  $90^\circ$  worden afgebogen met een straal van 15 cm. Het magneetveld wordt op 1‰ constant gehouden. Meting van dit veld geschiedt met behulp van een spoeltje tussen de poolschoenen dat mechanische trillingen uitvoert wanneer er een wisselstroom door loopt. De impedantie van dit spoeltje als functie van de frequentie van de wisselstroom heeft een minimum dat van de waarde van de magnetische inductie afhangt.

Bij het ijken van deze afbuigmagneet met behulp van enkele  $(p, \gamma)$  reacties bleek dat de resonantieniveaus in de reactie  $^{31}\text{P}(p, \gamma)^{32}\text{S}$  bij 355 en 439 keV protonenenergie een natuurlijke breedte hebben die aanzienlijk kleiner dan 1 keV is.

In hoofdstuk IV wordt een beschrijving gegeven van de gammaspectrometer en van de technieken, gebruikt bij het onderzoek van bovengenoemde resonanties; nieuwe resonanties in deze reactie beneden 500 keV zijn niet gevonden.

Het opstellen van de vervalschema's van de 9.20 en 9.29 MeV resonantieniveaus in  $^{32}\text{S}$  was mogelijk met behulp van de in hoofdstuk V beschreven metingen van gammaspectra met een  $10.2 \times 10.2$  cm NaJ(Tl) kristal. Het was noodzakelijk tevens coïncidentie en som-coïncidentie metingen uit te voeren, waarvoor twee van dergelijke kristallen werden gebruikt.

Beide resonantieniveaus vertonen sterke overgangen naar de grondtoestand en naar het eerste aangeslagen 2.24 MeV niveau. Daarnaast treden meerdere overgangen op naar niveaus tussen 3.78 en 8.50 MeV. Bij het verval van het 9.20 MeV niveau zijn dit doorgaans andere dan bij het verval van het 9.29 MeV niveau; gemeenschappelijk in beide vervalschema's zijn naast de grondtoestand en het eerste aangeslagen niveau slechts de niveaus bij 4.29 en 7.43 MeV. Deze laatste niveaus vervallen uitsluitend naar de grondtoestand, hoewel een zwakke overgang naar het 2.24 MeV niveau niet kan worden uitgesloten.

Er is in het 9.20 MeV verval een zwakke overgang naar het tweede aangeslagen niveau op 3.78 MeV gevonden, dat een spin  $0^+$  heeft. Het niveau van 4.47 MeV vervalt slechts naar het eerste aangeslagen niveau; de toekenning van een spin 1 aan dit niveau door Nelson et al. blijkt te berusten op een verkeerde interpretatie van hun meetresultaten.

Met behulp van een  $(p, \gamma, \gamma)$  hoekcorrelatiemeting, beschreven in hoofdstuk VI, werd gevonden dat het 4.70 MeV niveau waarschijnlijk een positieve pariteit heeft; de spin is 1 of 2. Dit niveau vervalt zowel naar de grondtoestand als naar het eerste aangeslagen niveau. Het resonantieniveau op 9.29 MeV vervalt voor 17% naar het 7.11 MeV niveau; dit laatste blijkt niet naar de grondtoestand te vervallen. Dit is eveneens gemeten door Chagnon en Treado, in tegenstelling tot het resultaat van Andersen. Een component van 2.83 MeV in het gamma-spectrum van de 439 keV resonantie, door Chagnon en Treado abusievelijk toegeschreven aan een overgang tussen de 7.11 en 4.29 MeV niveaus, blijkt afkomstig te zijn van de overgang  $7.53 \rightarrow 4.70$  MeV.

De spin van beide resonantieniveaus kon worden bepaald door de hoekverdeling te meten van de overgang naar de grondtoestand, en bleek 1 te zijn. De pariteit van de resonantieniveaus is waarschijnlijk positief, maar volledige zekerheid hieromtrent werd niet verkregen. Voor  $\Gamma_p \Gamma_\gamma / \Gamma$  van de 9.20 en 9.29 MeV niveaus werden respectievelijk de waarden 6 en 54 meV gevonden.